

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E ZOOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

Natália Dozza Gerzson

**ESTRUTURA DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA EM UMA  
LAGOA COSTEIRA SUBTROPICAL DOMINADA POR  
CIANOBACTÉRIAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Mello Petrucio

Coorientadora: Prof. Dr. Eneida Eskinazi Sant'Anna

Florianópolis - SC  
2013

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.**

Gerzson, Natália Dozza

Estrutura da comunidade zooplancônica em uma lagoa costeira subtropical dominada por cianobactérias /

Natália Dozza Gerzson ; orientador, Mauricio Mello

Petrucio ; co-orientador, Eneida Eskinazi Sant'Anna. -

Florianópolis, SC, 2013.

64 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ecologia.

Inclui referências

1. Ecologia. 2. zooplancôn. 3. rotífero. 4. lagoa costeira. 5. dominância de cianobactéria. I. Petrucio, Mauricio Mello. II. Eskinazi Sant'Anna, Eneida. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. IV. Título.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Mauricio Mello Petrucio por ter me aceitado nesta empreitada.

À Prof. Dra Odete Rocha por me acolher em seu laboratório e disponibilizar do seu tempo e de suas alunas Lidiane e Renata para me auxiliar na identificação taxonômica do zooplâncton. Foram essenciais.

À minha família de sangue, minhas Dozzas amadas, Luiza Vitória, Roberta e Débora!!! Sinto falta do abraço gostoso de vocês, mas sei que sempre estão pertinho de mim. Isso vale pro meu Cu...nhado também!!!!à meu sobrinho lindo que era um menino quando vim morar em floripa e hoje é quase um homem...como cresceu!

Ao meu amado Alexandre Xavier pela paciência sem limite, pelo companheirismo e por despertar o meu lado mais bonito.

À minha família de Floripa as minhas anjinhas Danni e Rubana, e as meninas da ecolândia Carol B., Itamélia, Japa e Moniquetes que me mostraram que eu realmente só tenho cara de brava, que me adoram mesmo assim chorona e teimosa.

Às minhas amigas de faculdade que serão eternas Juliana Ferreira, Carol A. e Larissa sinto falta do quarteto fantástico junto.

À família limnos pelos momentos de descontração no laboratório, pelas viagens à congressos, pelas discussões que muitas vezes me iluminaram e pelo auxílio nas coletas. Juntos podemos fazer melhor.

À toda turma da pós-ECO por todos momentos compartilhados, aulas, curso de campo, conversas de corredor, momento desabafo, hora da cerveja, etc.

À minha companheira inseparável *Ilex paraguariensis*, me ajudou a ter pensamentos lúcidos quando o sono queria me derrubar.

À Raquel Moreira que me abrigou e me mostrou as maravilhas de Ouro Preto e também por me receber em São Carlos.

Meus sinceros agradecimentos, muito OBRIGADA!!!



## RESUMO

A comunidade zooplantônica foi examinada pela primeira vez durante 12 meses na lagoa do Peri – Florianópolis/SC, lagoa costeira subtropical. O objetivo foi descrever a composição, a distribuição espaço-temporal e a dinâmica da comunidade zooplantônica, em um ambiente dominado por cianobactérias, especificamente a espécie *Cylindrospermopsis raciborskii*, limitado por nutrientes e a relação desta comunidade com os principais parâmetros de trofia da água. Mensalmente foram amostradas quatro regiões no período de abril de 2011 a março de 2012. Medidas das principais variáveis físicas e químicas da água foram realizadas *in situ* e em laboratório foi determinada a concentração de clorofila *a*. Para as amostras de zooplâncton foram coletados 50 l de água e filtrados em uma rede de plâncton com 50 µm de abertura de malha. A comunidade zooplantônica foi composta por alta densidade de rotíferos, cladóceros de pequeno porte e copépodos ciclopóides. A riqueza da comunidade foi de 16 táxons sendo os rotíferos dominaram em todos os pontos de amostragem e praticamente em todos os períodos do ano em riqueza de espécies e densidade. A comunidade mostrou homogeneidade espacial, porém com variabilidade temporal. A presença e dominância de cianobactérias filamentosas é o principal fator que tem regulado a comunidade, tornando-a dominada por rotíferos, característica de ambiente eutrofizado. A temperatura da água foi o fator abiótico que mais contribuiu para a variação da comunidade ao longo do tempo, com uma variação de 14 °C no inverno de 2011 e 29 °C no verão de 2012. A concentração de clorofila *a* aumentou significativamente durante o período de estudo com valor mínimo no mês de maio de 2011 (16,55 µg.L<sup>-1</sup>) e máximo no mês de março de 2012. (59,81 µg.L<sup>-1</sup>). A modificação dos valores de clorofila *a* e da composição do zooplâncton, com presença de espécies indicadoras de eutrofização como *Brachionus calyciflorus*, *Brachionus angularis* e *Asplanchna* sp, podem confirmar que a água da lagoa Peri está passando um processo negativo que pode causar um aumento do estado trófico, causando grande impacto na qualidade da água e alterando a comunidade biológica.

**Palavras-chave:** lagoa costeira, dominância de cianobactéria, estrutura da comunidade, rotífero, cladócero e copépodo.



## ABSTRACT

Zooplankton communities were examined for the first time during 12 months in Peri lagoon – Florianópolis/SC. The objective of this study was to describe the composition, spatial and temporal distribution and dynamics of zooplankton community in an environment dominated by cyanobacteria, such as *Cylindrospermopsis raciborskii*, that is also limited by nutrients, as well as to study the relationship of the zooplankton community with the main parameters of trophic water. Four regions were sampled monthly from April 2011 to March 2012. Measurements of the main physical and chemical parameters of the water were performed *in situ* and in the laboratory were determined chlorophyll *a* concentration. For zooplankton samples were collected 50 l of water and filtered through a plankton net with a 50 µm mesh size. The zooplankton community was composed of high-density rotifers, few small-bodied cladocerans and cyclopoid copepods. Rotifers were dominant in species richness and density in all sampling stations and practically all periods of the year. The richness of the community was 16 taxa being that rotifers were dominant in species richness and density in all sampling stations and practically all periods of the year. The community showed spatial homogeneity but with temporal variability. The presence and dominance of cyanobacteria is the main factor that has governed the community, thus it is dominated by rotifers, characteristic of an eutrophic environment. Water temperature was the abiotic factor that contributed most to community variation over time, varying from 14 °C in the 2011 winter to 29 °C in the 2012 summer. The concentration of chlorophyll *a* increased significantly during the period of study with a minimum value in May 2011 (16.55µg.L<sup>-1</sup>) and maximum in March 2012. (59.81µg.L<sup>-1</sup>). The modification in the values of chlorophyll *a* and composition of the zooplankton, with presence of indicator species for eutrophication, such as *Brachionus calyciflorus*, *Brachionus angularis* and *Asplanchna* sp, may confirm that the water of Peri lagoon is passing a negative process that can cause an increased trophic state, greatly impacting water quality and altering the biological community.

**Keywords:** coastal lagoon, dominance of cyanobacteria, community structure, rotifer, cladocera and copepod.





## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1:** Lagoa do Peri, Florianópolis - Santa Catarina (Brasil) ..... 19

**Figura 2:** Localização da lagoa do Peri, Florianópolis - Santa Catarina (Brasil), evidenciando os rios que desembocam na lagoa (1) Cachoeira Grande (2) Ribeirão Grande e localização dos pontos amostrais. Fonte: modificado Henneman & Petrucio (2011) ..... 21

**Figura 3:** Quatro pontos amostrais selecionados dentro da Lagoa do Peri-Florianópolis/SC..... 22

### Chapter 1

**Figure 1:** Map and location of the Peri lagoon, Florianópolis – Santa Catarina (Brazil), showing watershed (1) Cachoeira Grande (2) Ribeirão Grande and location of the four sampling points (P1, P2, P3 and P4). Font: modified Henneman & Petrucio(2011) .....30

**Figure 2:** Percent of monthly relative abundance for Cladocera, Copepoda and Rotifera groups of in Peri lagoon from April 2011 to March 2012 ..... 36

**Figure3:** Density Cladocera, Copepoda and Rotifera groups, variation in water temperature and chlorophyll *a* concentration at each point (P1, P2, P3 and P4) and month sampled of in Peri lagoon from April 2011 to March 2012 ..... 38

**Figure 4:** Two-dimensional non-metric multidimensional scaling (nMDS) ordination of zooplankton samples collected at the four sites in Peri lagoon from April 2011 to March 2012. The plots, as specified in the figure, relate to all analyzed months. ▲ = January; ▽ = February; ▼ = March; += April; □ = May; ■ = June; × = July; ○ = August; ◇ = September; \* = October; △ = November; □ = December .....42

**Figure 5:** Regression tree represented by each selected indicator species (A) *B. hagmanni* (B) *B. frey* (C) copepodites (D) nauplii (E) *Asplanchna* sp (F) *B. angularis* (G) Bdelloidea (H) *Collotheca* sp (I) *F. longiseta*. Peri lagoon from April 2011 to March 2012..... 46



## LISTA DE TABELAS

### Chapter 1

**Table 1:** Mean values  $\pm$  standard deviation and minimum – maximum for water environmental variables at the four sites in Peri lagoon from April 2011 to March 2012..... **35**

**Table 2:** Relative frequency (%) and density of zooplankton taxa at four sites in Peri lagoon from April 2011 to March 2012..... **39**

**Table 3:** List of indicator species with corresponding month, indval analysis values and p values..... **43**



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1 COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2 INFLUÊNCIA DE CIANOBACTÉRIAS NA ESTRUTURA DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA .....</b>	<b>17</b>
<b>2 ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>19</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1 COLETAS DE CAMPO .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2 VARIÁVEIS ABIÓTICAS .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3 VARIÁVEIS BIÓTICAS .....</b>	<b>23</b>
<b>3.3.1 Concentração de clorofila <i>a</i> .....</b>	<b>23</b>
<b>3.3.2 Comunidade zooplanctônica .....</b>	<b>23</b>
<b>3.3.3 Análise estatística .....</b>	<b>23</b>
 <b>Chapter 1.....</b>	 <b>25</b>
<b>Cyanobacteria dominance and high density of rotifers in a subtropical coastal lagoon .....</b>	 <b>27</b>
 <b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	 <b>57</b>
<b>5 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>59</b>



## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Para compreender o funcionamento e os mecanismos de controle de um ambiente aquático é fundamental entender a estrutura e as variações das comunidades que vivem nesse ecossistema, uma vez que estes são formados por interações entre a biota e fatores físicos e químicos (Agostinho et al., 2005).

Fatores que controlam a estrutura da comunidade em lagos podem ser separados em processos *bottom-up*, associados com a química da água do lago (disponibilidade de nutrientes, pH), e processos *top-down*, associados a interações entre espécies (herbivoria, competição) (Carpenter et al., 1985). A relação entre esses processos pode variar espacialmente e temporalmente. Portanto, é importante identificar qual o fator dominante no controle da estrutura das comunidades, e verificar se as comunidades do lago estão respondendo primariamente a processos que ocorrem no próprio lago, ou processos provenientes do exterior do lago, como a variabilidade climática e a perturbações na bacia hidrográfica (Anderson et al., 2008).

### 1.1 COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA

O zooplâncton é composto por consumidores primários (herbívoros) e predadores de diferentes níveis tróficos e são microscópicos, ou muito pequenos (Matsumura-Tundisi & Tundisi, 2005). A comunidade zooplânctônica de água doce é constituída principalmente por organismos pertencentes a três grandes grupos taxonômicos: Rotifera, Cladocera e Copepoda, além de representantes de outros grupos, como os Protozoa, larvas de Insecta, e Turbellaria (Wetzel, 1993).

A comunidade zooplânctônica possui uma grande importância ecológica nos ambientes aquáticos atuando como elo entre o nível dos produtores (fitoplâncton) e os níveis tróficos superiores. Tem grande importância na estruturação e funcionamento desses ecossistemas, desempenhando um papel fundamental na transferência de energia e decomposição de matéria orgânica, ou através de interações como herbivoria e predação (Bozelli & Huszar, 2003). É influenciada pela pressão da predação ou fatores relacionados com a disponibilidade de alimentos (Gliwicz, 2002).

As espécies zooplânctônicas por possuírem grande sensibilidade ambiental podem responder a diversos tipos de impactos, tanto pela alteração quantitativa de suas populações quanto na composição e

diversidade da comunidade (Coelho-Botelho, 2004). Conhecer a estrutura e a dinâmica dessa comunidade, ao longo do tempo, nos permite compreender os mecanismos que podem favorecer a ocupação, recolonização ou expansão de espécies capazes de responder de forma favorável às flutuações do meio (Maia-Barbosa et al., 2003).

Variáveis abióticas têm grande capacidade de influenciar e alterar a comunidade zooplancônica. A temperatura da água provavelmente é o principal fator atuante na determinação estrutura da comunidade, principalmente para rotíferos, em climas subtropicais devido às mudanças sazonais drásticas (Wen et al. 2011) Estudos recentes reforçam que o aumento na temperatura da água influencia a função ecológica do zooplâncton por provocar alterações em sua distribuição, abundância, composição de espécies, fenologia e eficiência trófica (Richardson, 2008). A temperatura da água atua sobre as espécies zooplancônicas em um nível fisiológico fundamental, interferindo na regulação do metabolismo e, portanto, as taxas de crescimento e desenvolvimento (Bottrell et al., 1976; Gillooly, 2000).

Os três grupos zooplancônicos mais representativos - Rotifera, Cladocera, e Copepoda - diferem significativamente em suas estratégias adaptativas, entre elas o potencial reprodutivo, a capacidade competitiva e a evasão contra predadores (Allan, 1976). As diferenças nessas estratégias levam a consequências diretas nas flutuações sazonais da abundância e na biogeografia de cada grupo e, por extensão, na utilização como indicadores de qualidade ambiental. Dessa forma, essas diferenças devem ser consideradas quando se propõe explicar as estruturas dessas comunidades aquáticas.

Organismos menores, como por exemplo, os rotíferos e cladóceros, são partenogenéticos, sendo assim, um único indivíduo é necessário para iniciar uma população. Além disso, organismos menores geralmente desenvolvem maiores populações, diminuindo a probabilidade de extinções locais e aumentando a probabilidade de dispersões passivas.

O hábito alimentar dos organismos zooplancônicos pode ser diferenciado de acordo com o tipo e obtenção do alimento. Os rotíferos alimentam-se tanto de algas como de detritos e bactérias por meio de vibrações da coroa ciliada (Stemberg & Gilbert, 1987). Os cladóceros são excelentes filtradores e sua alimentação basicamente se constitui de fitoplâncton e detritos. A taxa de filtração está diretamente relacionada ao tamanho do animal e partícula a ser ingerida (Esteves, 1998). Copépodos podem apresentar três tipos de hábito alimentar, dependendo da estrutura do aparelho bucal: filtrador, carnívoro e raptorial. Os



filtradores mais seletivos, podendo discriminar seu alimento e decidir qual é o mais palatável (Lampert, 1987).

## 1.2 INFLUÊNCIA DE CIANOBACTÉRIAS NA ESTRUTURA DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA

Cianobactérias são potencialmente tóxicas, sendo uma ameaça para animais e à saúde humana e em condições favoráveis têm capacidade de formar densas florações podendo diminuir a biodiversidade e eliminar outras espécies de fitoplâncton (Bouvy et al., 2000). Se espécies zooplancônicas utilizam este recurso, podem acumular as toxinas, assim esses organismos passam a funcionar como vetores para os níveis tróficos superiores, como peixes (Ferrão-Filho et al., 2002). Hansson et al. (2007) mostraram evidências que as toxinas produzidas pelas cianobactérias causam mudanças na estrutura da comunidade zooplancônica, que passa de uma comunidade dominada por filtradores generalistas de grande porte (p.ex.: *Daphnia*), para uma comunidade dominada por seletores de partículas de pequeno porte, os copépodos ciclopoídes. Com isso, concluíram que as cianobactérias podem afetar o tamanho e composição da comunidade zooplancônica.

A dominância de cianobactérias em certas lagoas é atribuída, muitas vezes, à incapacidade do zooplâncton de utilizá-las eficazmente como um recurso (Brooks & Dodson, 1965). No entanto, é importante resaltar, que existe uma variabilidade considerável entre as taxas de consumo do zooplâncton em relação a diferentes tipos de cianobactérias e o desempenho de acordo com o tipo de recurso.

Zooplâncton de grande porte como os copépodos calanóides e os cladóceros desempenham um papel fundamental como consumidor do fitoplâncton, porém são escassos em lagos subtropicais, onde predominam cladóceros menores ou copépodos ciclopoídes. Espécies zooplancônicas de menor porte parecem ser menos capazes de exercer um controle eficaz *top-down* sobre a comunidade fitoplancônica. A quantidade e a qualidade do alimento também são fatores importantes e potencialmente limitantes para a composição do zooplâncton, que podem influenciar no desenvolvimento e na reprodução desses organismos (Sipaúba-Tavares & Bachion, 2002; Santos et al., 2006).

As espécies herbívoras do zooplâncton podem ser afetadas pela cianobactéria devido a sua morfologia que pode ser colonial ou filamentosa (Fulton & Paerl, 1987), a toxicidade (Fulton & Paerl, 1988), ou a falta de valor nutricional (Von Elert & Wolffrom, 2001). Seus filamentos, na maioria das vezes, são grandes demais para serem

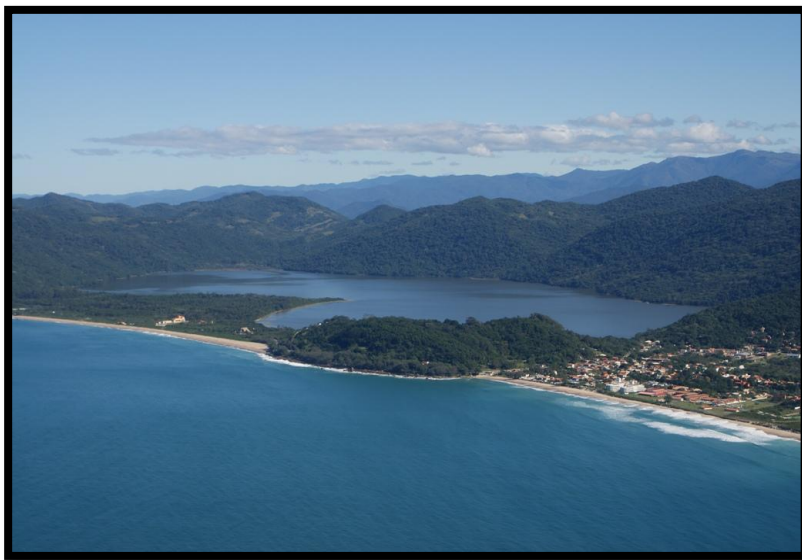
ingeridos pelas espécies zooplanctônicas, o que pode causar uma diminuição na eficiência alimentar desses organismos (Gliwicz & Lampert, 1990) e também bloquear o seu aparato de filtração (DeMott et al., 2001). Com isso, as cianobactérias podem ser favorecidas pela presença de zooplâncton, que tendem a eliminar algas concorrentes que são mais suscetíveis ao pastejo (Gragnani et al., 1999) o que pode contribuir para a sua dominância.

A espécie de cianobactéria *Cylindrospermopsis raciborskii* é de interesse particular da qualidade da água, devido à sua capacidade de produzir compostos tóxicos que podem potencialmente afetar a saúde de seres humanos e outros animais. Este fenômeno é de grande preocupação para gestores de recursos hídricos, especialmente no que diz respeito para a saúde humana, bem como para o público.

Considerando que a presença da cianobactéria *Cylindrospermopsis raciborskii*, pode ter grande significância para a perda de biodiversidade aquática e consequente queda da qualidade da água (Pinto-Coelho et al., 2008). O objetivo principal deste trabalho foi descrever e avaliar a composição, a distribuição espaço-temporal e a dinâmica da comunidade zooplanctônica, em um ambiente dominado por cianobactérias especificamente a espécie *Cylindrospermopsis raciborskii*, limitado por nutrientes e a relação desta comunidade com os principais parâmetros de trofia da água no período de 12 meses.

## 2 ÁREA DE ESTUDO

A lagoa do Peri é uma lagoa costeira subtropical (Figura 1) localizada entre as latitudes sul  $27^{\circ}42'59''$  e  $27^{\circ}46'45''$  e as longitudes oeste  $48^{\circ}30'33''$  e  $48^{\circ}31'59''$  (Oliveira, 2002), no município de Florianópolis - Santa Catarina/Brasil. Apresenta espelho d'água com área de 5,2 km<sup>2</sup>, profundidade média de 4,2 m e máxima de 11 m. Possui conexão com o mar através de um canal de sentido único lagoa→mar - Canal Sangradouro, porém não é afetada pelas oscilações da maré, pois está cerca de 3 metros acima do nível do mar. Com isso, é considerado o maior corpo de água doce do litoral catarinense e maior manancial de água potável da Ilha de Santa Catarina (Cecca, 1997).



**Figura 1:** Lagoa do Peri, Florianópolis - Santa Catarina (Brasil).

A lagoa está inserida dentro dos limites do Parque Municipal da Lagoa do Peri (PMLP), que foi criado para preservar o manancial de água doce e dentro de um dos últimos remanescentes de Mata Atlântica da ilha de Santa Catarina. A área é rodeada por morros cobertos por Floresta Ombrófila Densa e uma restinga típica de vegetação litorânea, que a mantém separada do Oceano Atlântico (Silva, 2000). É drenada por dois rios: Cachoeira Grande e Ribeirão Grande, que nascem no alto dos morros e desembocam na lagoa (Neto & Madureira, 2000).

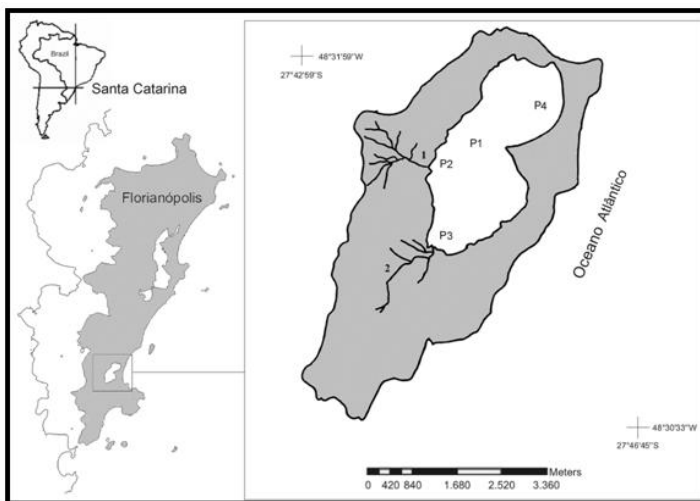
Hennemann & Petrucio (2010) classificaram a lagoa como oligotrófica para as concentrações de nutrientes e meso-eutrófica para transparência e clorofila *a*. Apesar desta condição, a lagoa tem apresentando uma densidade alta de fitoplâncton, com dominância da cianobactéria potencialmente tóxica *Cylindrospermopsis raciborskii* na maior parte do ano (Laudares-Silva, 1999; Mondardo, 2004; Grellmann, 2006 e Coral, 2009). Mondardo (2004) verificou uma contribuição de 20 a 97%, Grellmann (2006) de 45 a 85% e Coral (2009) 55,87 a 90,77% de *C. raciborskii* em relação à densidade fitoplanctônica total.

A lagoa do Peri além de ser um ponto turístico do município, área de pesquisa e de lazer para a população a água deste manancial vem sendo utilizada desde o ano 2000 como fonte de abastecimento de água no sul e costa leste de Florianópolis pela Companhia de água e Saneamento da Capital (CASAN).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 COLETAS DE CAMPO

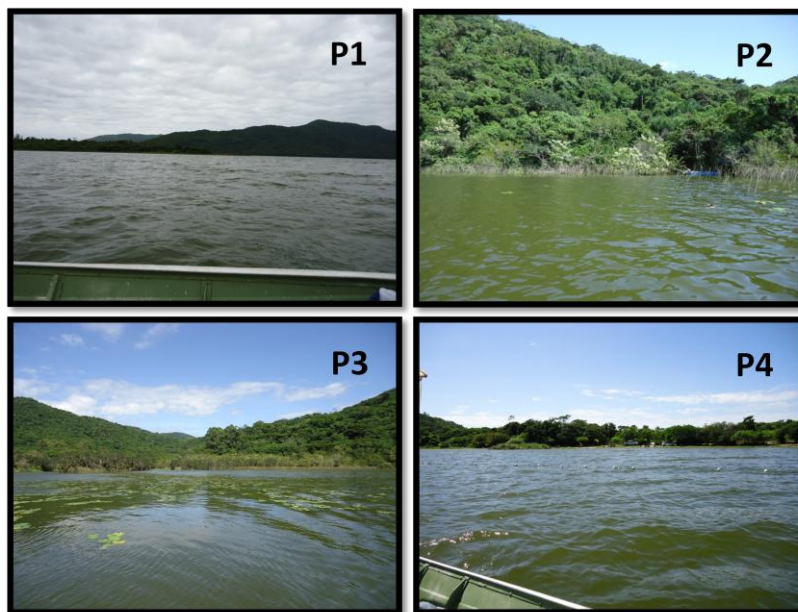
As coletas foram realizadas na Lagoa do Peri (Figura2) no período de abril de 2011 a março de 2012, sempre no período da manhã, totalizando 12 meses.



**Figura 2:** Localização da lagoa do Peri, Florianópolis - Santa Catarina (Brasil), evidenciando os rios que desembocam na lagoa (1) Cachoeira Grande (2) Ribeirão Grande e localização dos pontos amostrais. Fonte: modificado Henneman & Petrucio (2011).

Quatro pontos amostrais foram selecionados (Figura 3) em diferentes regiões dentro da lagoa.

- P1: ponto central da lagoa, local com maior profundidade, máxima de 11 m;
- P2: próximo à desembocadura do rio Cachoeira Grande, presença constante de macrófitas aquáticas;
- P3: próximo à desembocadura do rio Ribeirão Grande, presença constante de macrófitas aquáticas;
- P4: próximo à sede do Parque Municipal da Lagoa do Peri, área utilizada para recreação e pelos banhistas.



**Figura 3:** Quatro pontos amostrais selecionados dentro da Lagoa do Peri-Florianópolis/SC.

### 3.2 VARIÁVEIS ABIÓTICAS

Amostras de água foram coletadas com auxílio de uma garrafa de van Dorn de três litros e com uma sonda multiparâmetros (YSI-85) medidos *in situ*: temperatura da água, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e pH. A transparência da coluna d'água foi medida considerando desaparecimento visual do disco de Secchi de 0,30 m de diâmetro; a intensidade do vento com anemômetro (Instrutherm TAD 500); a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) com auxílio de radiômetro (Li-cor 250A) com sensor esférico. Em laboratório foi determinada a alcalinidade total por titulação (Mackereth et al., 1978).

Os valores de precipitação foram obtidos através do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (EPAGRI/CIRAM).

### **3.3 VARIÁVEIS BIÓTICAS**

#### **3.3.1 Concentração de clorofila *a***

Para a determinação da concentração de clorofila *a*, foram filtrados 500 mL de água em filtro de fibra de vidro AP40 Millipore de 47 mm de diâmetro e 0,7 µm de abertura do poro mantidos sob congelamento a -20 °C até a realização da análise. A extração foi feita através da maceração manual dos filtros em acetona 90% a frio em ambiente com menor quantidade de luz possível, devido à rápida fotodegradação da clorofila, com correção para feopigmentos (Lorenzen, 1967).

#### **3.3.2 Comunidade zooplânctônica**

Para as amostras de zooplâncton foi coletado um volume de 50 l de água com o auxílio de uma garrafa de van Dorn e filtrados em uma rede de plâncton de 50 µm de abertura de malha para a concentração do zooplâncton. Ainda em campo os organismos passaram por processo de narcotização com saturação de CO<sub>2</sub> (adição de água gaseificada), para impedir a contração dos organismos. Logo após foi feita a fixação com solução de formol na concentração final de 4% e armazenados em frascos de polietileno.

Para a identificação das espécies foi utilizado um microscópio estereoscópico da marca Leica® modelo MZ6 com aumento de até 50 vezes e microscópio óptico da marca Zeiss®, com câmara clara e com aumento de até 1000 vezes, ambos com ocular milimetrada. E utilizada bibliografia especializada (Edmondson, 1959; Koste, 1978; Reid, 1985; Koste & Shiel, 1986; 1993; Elmoor-Loureiro, 1997).

As quantificações de cladóceros e copépodos foram feitas em placas de acrílico quadriculadas sob microscópio estereoscópico. Para os rotíferos e náuplios de copépodos, subamostras de 1 mL foram contadas em câmara de Sedgewick-Rafter, sob microscópio óptico.

#### **3.3.3 Análise estatística**

O teste de Kruskal-Wallis foi utilizado para comparar a variação(s) nos valores das variáveis abióticas e determinar a significância das diferenças.

A análise PERMANOVA foi realizada utilizando a função adonis a fim de testar a similaridade entre os pontos, entre meses e entre

pontos e meses amostrados. Foram considerados os níveis de significância estatística F (relação), obtidos com 999 aleatorizações. Foi utilizado o pacote vegan (Oksanen et al., 2010) do programa R (R Development Core Team, 2010).

Escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS) foi utilizado para visualizar semelhança/diferenças da comunidade zooplancônica em todos os pontos de amostragem, assim, os pontos que estão mais próximos no espaço de ordenação são mais semelhantes em termos de composição de espécies.

Um teste de espécies indicadoras (Dufrene & Legendre, 1997) utilizando a densidade de organismos foi aplicado de acordo com as unidades de amostragem de agrupamento e meses de amostragem, numa tentativa de identificar espécies características de cada mês e estação do ano.

Árvore de regressão multivariada é uma forma de regressão multivariada que prevê a abundância das espécies a partir das variáveis explicativas (De'ath, 2002). Esta análise foi realizada a fim de determinar qual a variável explicativa entre as variáveis limnológicas que melhor respondeu a abundância das espécies indicadoras.

Todas as análises foram realizadas no programa R (R Development Core Team, 2010), exceto nMDS que foi executado no programa estatístico PAST ver. 2.15 (Hammer et al., 2001).



## **Chapter 1**

### **Cyanobacteria dominance and high density of rotifers in a subtropical coastal lagoon**

Natália Dozza Gerzson  
Mauricio Mello Petrucio

\*Formatted according to the rules of periodic Hydrobiologia



## Cyanobacteria dominance and high density of rotifers in a subtropical coastal lagoon

GERZSON, N. D.<sup>1,2</sup> & PETRUCIO, M. M.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Laboratory of Freshwater Ecology. Department of Ecology and Zoology. Center of Biological Science. Santa Catarina Federal University. Campus Universitário. Florianópolis, SC, Brazil. Phone: +55 48 3721-6429. Fax: +55 48 3721-5156.

<sup>2</sup> Graduate Program in Ecology. Santa Catarina Federal University.

### Abstract

Zooplankton communities were examined from April 2011 to March 2012 in Peri lagoon – Florianópolis/SC. The objective was to describe the composition, spatial-temporal distribution and dynamics of zooplankton community in an environment dominated by cyanobacteria, such as *Cylindrospermopsis raciborskii*, that is also limited by nutrients, as well as to study the relationship of the zooplankton community with the main parameters of trophic water. Measurements of the main physical and chemical parameters of the water were performed *in situ* and in the laboratory were determined chlorophyll *a* concentration. For zooplankton samples were collected 50 liters of water and filtered through a plankton net with a 50µm mesh size. The zooplankton community was composed of high-density rotifers, few small-bodied cladocerans and cyclopoid copepods. The richness of the community was 16 taxa being that rotifers were dominant in species richness and density in all sampling stations and practically all periods of the year. The community showed spatial homogeneity but with temporal variability. Water temperature was the abiotic factor that contributed most to community variation over time, varying from 14 °C in the 2011 winter to 29 °C in the 2012 summer.. The concentration of chlorophyll *a* increased significantly during the period of study with a minimum value in May 2011 (16.55 µg.L<sup>-1</sup>) and maximum in March 2012. (59.81 µg.L<sup>-1</sup>). The presence and dominance of cyanobacteria, possibly, is another factor affecting the community, contributing to the dominance of rotifers. The modification in the values of chlorophyll *a* and composition of the zooplankton, with presence of indicator species for eutrophication, such as *Brachionus calyciflorus*, *Brachionus angularis* and *Asplanchna* sp, may indicating that the water of Peri lagoon can passing a negative

process that can cause an increased trophic state, greatly impacting water quality and altering the biological community.

**Keywords:** coastal lagoon, dominance of cyanobacteria, community structure, rotifer, cladocera and copepod.

## Introduction

Plankton communities in coastal lagoons are of major importance in food web structures and for ecosystem health. Knowing the structure and dynamics of the community over time, allows us to understand the mechanisms that may favor the occupation, expansion or recolonization of species capable of responding favorably to environment fluctuations. (Maia-Barbosa et al., 2003).

In environments that suffer deep temporal changes in biological interactions and community-environment relationships, the concordance between groups can be temporally variable (Grenouillet et al., 2008). Changes to physical and chemical water conditions, however, may affect the phytoplankton composition, thereby also changing the zooplankton structure (Kozłowsky-Suzuki & Bozelli, 2002).

The zooplankton species have great environmental sensitivity and may respond to different types of impacts, both in quantitative change of their populations, as well as composition and diversity of the community (Coelho-Botelho, 2004). For herbivorous zooplankton, algae are the primary food source. However, the quantity and quality of food are important and potentially limiting, which may influence the development and reproduction of these organisms (Sipaúba-Tavares & Bachion, 2002; Santos et al., 2006).

Cyanobacteria are known to deeply affect zooplankton community structure and secondary production (Tillmans et al., 2008). They can affect the herbivorous zooplankton species due to their morphology that can be colonial and filamentous (Fulton & Paerl, 1987), toxic (Fulton & Paerl, 1988), or because of the lack of nutritional value (Von Elert & Wolffrom, 2001). Generally, Cyanobacteria are poor food sources for freshwater grazers, when compared to small Chlorophyceae and/or flagellates. In addition, Cladocera and Rotifera populations are affected differently by distinct Cyanobacteria morphologies (Wilson et al., 2006).

Changes in zooplankton community structure associated with the presence of filamentous and colonial cyanobacteria include the replacement of large cladocerans by smaller zooplankton species (Orcutt & Pace, 1984), possibly due to inhibition of the cladocerans filtering machinery. Previous studies have indicated that zooplankton communities are negatively affected by cyanobacterial blooms (Ferrão-Filho et al., 2002; Ghadouani et al., 2003). Large-sized species, for example, *Daphnia* spp., are more sensitive to cyanobacteria than small-sized ones (Ghadouani et al., 2003). Nogueira et al. (2006) in laboratory experiments on cyanobacteria–zooplankton interaction demonstrated that exposure to cyanobacteria extracts, cells and purified toxins, negatively affect the community of herbivores and the results support the argument, which considers cyanobacteria as an inadequate food source for herbivore zooplankton, due to low nutritional value and toxic content.

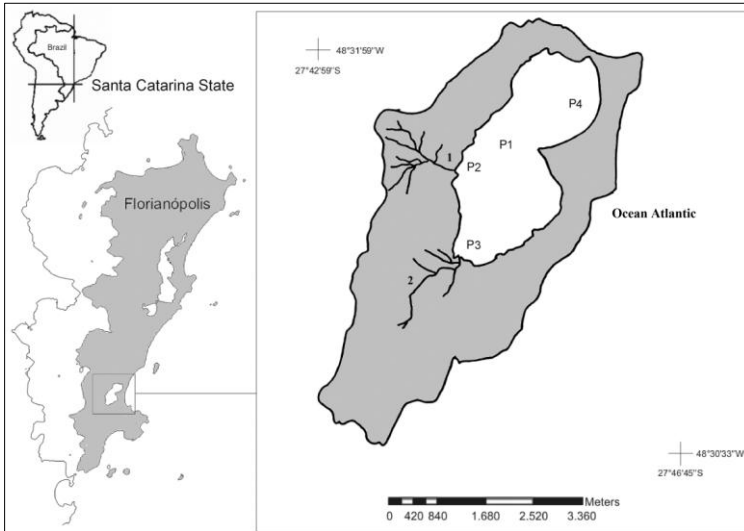
Environments dominated by filamentous cyanobacteria may suffer major impacts on water quality and aquatic organisms. In addition, filamentous cyanobacteria can exert strong pressure on the structure and dynamics of zooplankton and select the species of zooplankton.

Therefore, knowledge of zooplankton is essential to help understand and manage aquatic ecosystems. Zooplankton is sensitive tools for monitoring environmental changes in coastal lagoons. They play a major role in the functioning and the productivity of aquatic ecosystems through their impact on the nutrient dynamics and key position in the food web. Most zooplanktonic organisms have an herbivorous detritivorous diet and exert a strong grazing impact on the phytoplanktonic biomass (Pont, 1995). Given their short life cycles, zooplankton organisms respond promptly to environmental changes and thus, their standing crops and species community composition are clear indicators of water quality where they live.

Considering that information on zooplankton dynamics in Peri lagoon are rare and that these organisms are a sensitive tool for monitoring environmental changes in coastal lagoons. The spatial and temporal zooplankton variability in this ecosystem has never been studied. The aim of this study was to examine the composition, spatial-temporal distribution, and dynamics of the zooplankton community in an environment that is dominated by filamentous cyanobacteria, specifically *Cylindrospermopsis raciborskii*, and to investigate the relationship of the zooplankton community with trophic water parameters of the lagoon.

## Study area

Peri Lagoon is a subtropical coastal lagoon (Figure 1) located between south latitudes  $27^{\circ}42'59''$  and  $27^{\circ}46'45''$  and west longitude  $48^{\circ}30'33''$  e  $48^{\circ}31'59''$  (Oliveira, 2002), in Florianópolis-Santa Catarina / Brazil.



**Figure 1:** Map and location of the Peri lagoon, Florianópolis – Santa Catarina (Brazil), showing watershed (1) Cachoeira Grande (2) Ribeirão Grande and location of the four sampling points (P1, P2, P3 and P4). Font: modified Henneman & Petrucio(2011).

The average annual rainfall in the region is 122mm. The area of lagoon's surface is  $5.7\text{km}^2$ , with maximum depth of 11 meters. It has connection with the sea through a unique sense channel pond → sea - Channel Sangradouro, but is not affected by fluctuations of the tide, as it is about 3 meters above sea level. Thus, it is considered the largest body of freshwater in the Santa Catarina coast and largest source of drinking water on the island of Santa Catarina (Cecca, 1997). Since 2000 this water has been used as a source of water supply in the southern and eastern coasts of Florianópolis by the Water and Sanitation Company of the Capital (CASAN).

Sampling points:

- P1: central point of the lagoon, site with the greatest depth, maximum 11 meters.
- P2: near the mouth of the river Cachoeira Grande, constant presence of macrophytes.
- P3: near the mouth of river Ribeirão Grande, constant presence of macrophytes.
- P4: near seat of the Municipal Park Peri Lagoon, area used for recreation and swimmers.

The lagoon was classified as oligotrophic for nutrient concentrations and meso-eutrophic for transparency and chlorophyll *a* (Hennemann & Petrucio, 2010). It is poor in nutrients and provides spatial homogeneity for water quality (Laudares-Silva, 1999). Despite this condition, the lagoon presents a high-density of phytoplankton, with dominance of toxic cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* year round (Grellmann, 2006).

## Material and methods

Samples were collected monthly during a period of 12 months from April 2011 to March 2012. Water samples were collected using a van Dorn bottle based on the visual disappearance of a Secchi disk (Cole, 1983), a value which was also used to calculate water transparency. Water temperature (WT), electrical conductivity (cond), dissolved oxygen (OD) and pH were measured *in situ* with a multiparameter probe (YSI-85).

In laboratory the total alkalinity (alk) was determined by Gran titration (Mackereth et al., 1978) and the concentration of chlorophyll *a* (Chla) according to methodology Lorenzen 1967.

Wind intensity was measured with an anemometer (TAD Instrutherm 500), photosynthetically active radiation (PAR) with radiometer (Li-color 250A) and precipitation values were obtained from the Center for Information on Environmental Resources and Hydrometeorology of Santa Catarina (EPAGRI/CIRAM), cumulative value for the 7 days preceding the collection day was considered.

To investigate zooplankton, water samples were filtered with 50 l of water in a plankton net with a 50 micrometer of mesh size. Carbonated water was added to decrease the contraction of bodies and fixed with 4% formaldehyde in the final concentration. For

quantification of rotifers and copepods nauplii, subsamples of 1 mL were counted in Sedgewick-Rafter camera under an optical microscope. The quantification of cladocerans and copepods was done in acrylic quadriculated plates under a stereomicroscope. The organisms were identified to the highest taxonomic level possible.

## **Statistical analysis**

The Kruskal-Wallis test was used to compare variation(s) in abiotic variables and determine the significance of differences.

The PERMANOVA used to test the similarity among the sites and between months and was performed using the function *adonis*, and levels of significance (F ratio statistics) obtained with 999 randomizations. These analyzes were performed using the *vegan* package (Oksanen et al., 2010). The non-metric multi dimensional scaling (nMDS) plots were used to visualize similarity/differences of zooplankton community in all sampling points, thus, points that are closer in the ordination space are more similar in terms of species composition.

An indicator species analysis (Dufrêne & Legendre, 1997) was performed to determine which taxa of zooplankton were most important to the community structure over time during the study period. This method combines the abundance and frequency of each group and the fidelity of occurrence of a taxon in a particular group to yield indicator values for each species in each group. These are tested for statistical significance using a Monte Carlo technique with 999 permutations.

Multivariate regression tree is a form of multivariate regression that predicts species abundance from the explanatory variables (De'ath, 2002). This analysis was used in order to determine which limnological variable best explains abundance of indicator species. The trees were created in the R program and Euclidian distance was used to split the explanatory variables.

All analyzes were performed in the R program (R Development Core Team, 2010), except nMDS which was run in the statistical program PAST ver. 2.15 (Hammer et al, 2001).



## Results

### Environmental variables

Table 1 presents the summary of values for environmental variables measured in four sampling sites. Environmental variables did not show significant differences between the sampling sites ( $p > 0.05$ ), however significant differences were recorded considering the time factor ( $p < 0.05$ ). Water temperature (Figure 3) ranged between the minimum value of 14.3 °C in July 2011 to a maximum of 29.0 °C in February 2012, with an average of 22.5 °C. Chlorophyll *a* (Figure 3) had a minimum value (16.55  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) corresponding to May 2011, maximum value (59.81  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) to March 2012. As shown in Figure 2 months of highest water temperature during the summer, were marked by a great increase of chlorophyll *a* concentration.



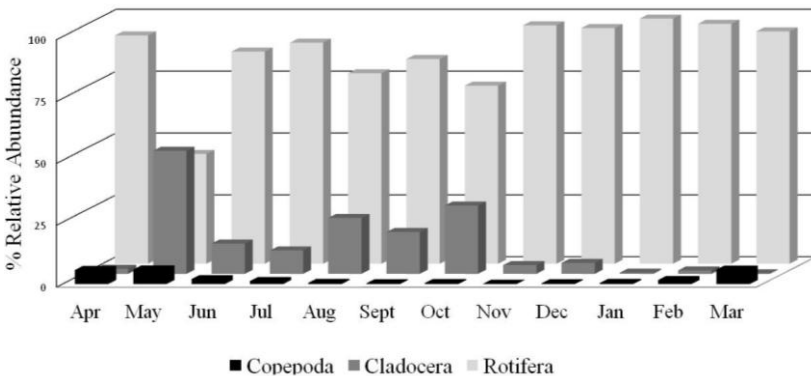
**Table 1:** Mean values  $\pm$  standard deviation and minimum – maximum for water environmental variables at the four sites in Peri lagoon from April 2011 to March 2012.

Variables	P1	P2	P3	P4	Min - Max
Water temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	22.29 $\pm$ 4.84	22.80 $\pm$ 4.72	22.73 $\pm$ 4.71	22.52 $\pm$ 4.55	14.30-29.00
Conductivity ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	64.49 $\pm$ 6.11	65.10 $\pm$ 5.57	63.74 $\pm$ 4.29	64.90 $\pm$ 5.10	57.00-77.00
pH	6.99 $\pm$ 0.75	7.00 $\pm$ 0.73	7.04 $\pm$ 0.73	6.99 $\pm$ 0.77	5.44-8.70
Alkalinity ( $\text{mEq l}^{-1}$ )	0.11 $\pm$ 0.02	0.11 $\pm$ 0.02	0.11 $\pm$ 0.04	0.10 $\pm$ 0.02	0.05-0.19
Dissolved oxygen ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	7.84 $\pm$ 1.22	8.05 $\pm$ 0.98	7.76 $\pm$ 1.25	7.81 $\pm$ 1.35	5.07-9.46
Chlorophyll <i>a</i> ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	31.20 $\pm$ 12.97	31.11 $\pm$ 7.12	32.00 $\pm$ 7.89	31.91 $\pm$ 9.97	16.55-59.80
Wind ( $\text{m/s}$ )	4.45 $\pm$ 2.84	2.23 $\pm$ 1.79	3.08 $\pm$ 2.01	3.54 $\pm$ 2.13	0.01-10.00
PAR	810.97 $\pm$ 615.63	810.97 $\pm$ 615.63	810.97 $\pm$ 615.63	810.97 $\pm$ 615.63	250.00-2119.00
Rainfall (mm)	34.13 $\pm$ 38.31	34.13 $\pm$ 38.31	34.13 $\pm$ 38.31	34.13 $\pm$ 38.31	0.00-138.70
Secchi depth (m)	0.78 $\pm$ 0.15	0.74 $\pm$ 0.10	0.76 $\pm$ 0.12	0.73 $\pm$ 0.11	0.60-1.10

## Composition, density and structure of zooplankton

A total of 16 zooplanktonic taxa were identified in all the sampling stations during the study's annual cycle. (Table 2). The taxa were divided into three groups: Rotifera (12) had the highest representation by species followed by Copepoda (2) and Cladocera (2). The species with the highest frequencies were: *Ptygura libera*, *Filinia longiseta*, copepodites, nauplii, *Bosmina hagmanni* and *Bosmina frey*. The small species were the most dominant.

At all month the percent relative abundance of zooplankton was determined mainly by Rotifera, usually comprising over 80% of the mean abundance of zooplankton (Figure 2). The peak of zooplankton densities was in February 2012 and the minimum was recorded in April 2011 (Figure 3). P1 has the highest density value (1,853,070 ind.m<sup>3</sup>) followed by P4 (1,356,589 ind.m<sup>3</sup>), P3 (1,289,270 ind.m<sup>3</sup>), and P2 (1,149,091 ind.m<sup>3</sup>). Although the P1 has the highest density value, the percentage between groups does not change and was not significant ( $p > 0.05$ ).



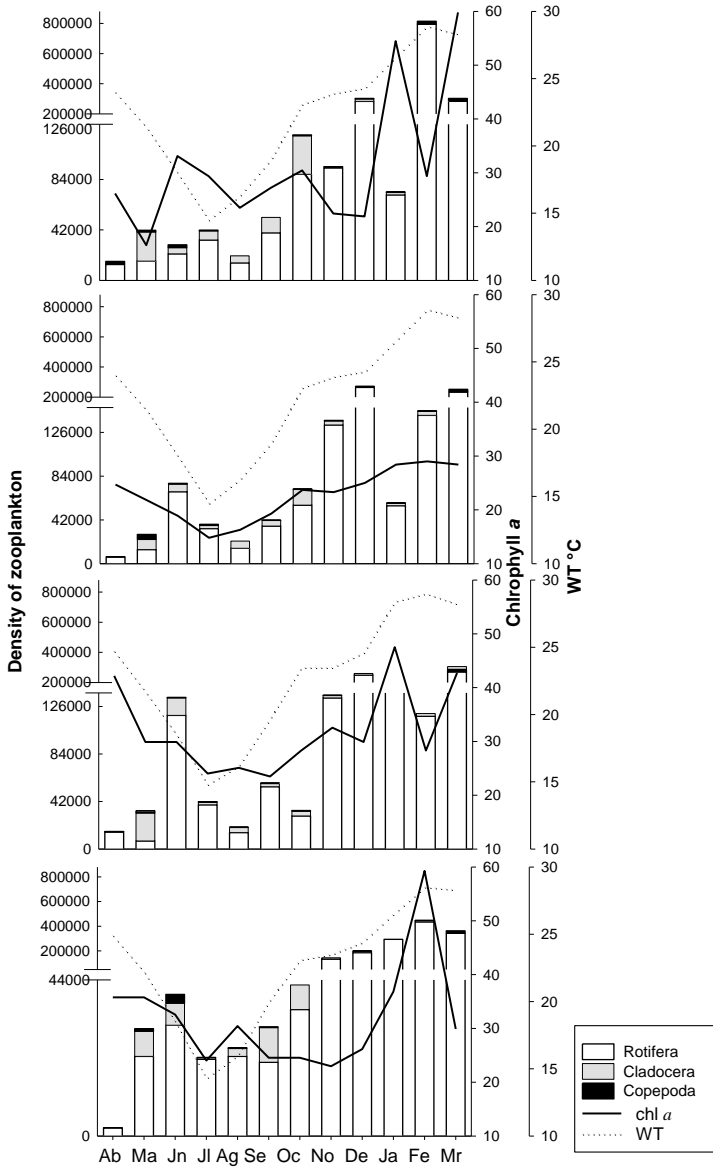
**Figure 2:** Percent of monthly relative abundance for Cladocera, Copepoda and Rotifera groups of in Peri lagoon from April 2011 to March 2012.

The monthly variations of the total zooplankton counts and for the different groups in Peri Lagoon during the 12 months study period are shown in Figure 3. Density of the zooplankton showed a large increase during summer months, coincidentally the same months which increased the water temperature and concentration of chlorophyll *a* (Figure 3).

The highest richness was found in the recreation region (P4) and was composed of 14 species, with the only absent species being harpacticoids copepods. At the two points near the mouth of the streams (P2 and P3) 12 taxa were found, but with small difference in the composition. The species of harpacticoids copepods were not found in P2 and *Trichocerca dixon nuttali* was not found in P3. Rotifers dominated in every sampling stations, as well as all periods during the year in species richness and density.

The cladoceran community was characterized by a small genus, only represented by two species *Bosmina hagmanni* and *Bosmina frey*. They showed a decrease in density from the month of November 2011, same period that is featured an increase in the concentration of chlorophyll *a*. Density of *B.hagmanni* fell abruptly disappearing in January 2012 and returning in February 2012 with low density. *B. frey* was absent in June 2011 and February 2012, and from August 2011 surpassed the density of *B. hagnanni*.

The copepod cyclopoid *Thermocyclops minutus* occurred only in P4 and in the months of February 2012 and March 2012. Nauplii and copepodites, the developmental stages of copepods, were quite common throughout the study, probably related to the species. Harpacticoid occurred only in P3 during September 2011 and October 2011 with low density.



**Figure 3:** Density Cladocera, Copepoda and Rotifera groups, variation in water temperature and chlorophyll *a* concentration at each point (P1, P2, P3 and P4) and month sampled of in Peri lagoon from April 2011 to March 2012.

**Table 2:** Relative frequency (%) and density of zooplankton taxa at four sites in Peri lagoon from April 2011 to March 2012.

Species	Relative frequency %				Density mean (ind.m³) ± SE			
	P1	P2	P3	P4	Min–Max			
					P1	P2	P3	P4
Cladocera								
<i>Bosmina hagmanni</i>	37	21	29	13	4795±2118 0-23256	2766±979 0-9184	3739±2057 0-21712	1713 ±702 0-6240
<i>Bosmina frey</i>	34	20	16	30	4361±1839 0-16744	2528±775± 0-7488	2093±798 0-9858	3951±1394 0-12416
Copepoda								
Thermocyclops minutus	0	0	0	100	0 0	0 0	0 0	203±4 0-212
copepodito	44	36	11	9	492±176 0-1764	401±230 0-2880	124±47 0-570	100±58 0-708
nauplio	39	21	18	22	3299±1803 0-17640	1778±1126 0-13440	1564±1414 0-17100	1863±1606 0-19400
Harpacticoida	0	0	100	0	0 0	0 0	5 (12) 0-34	0 0

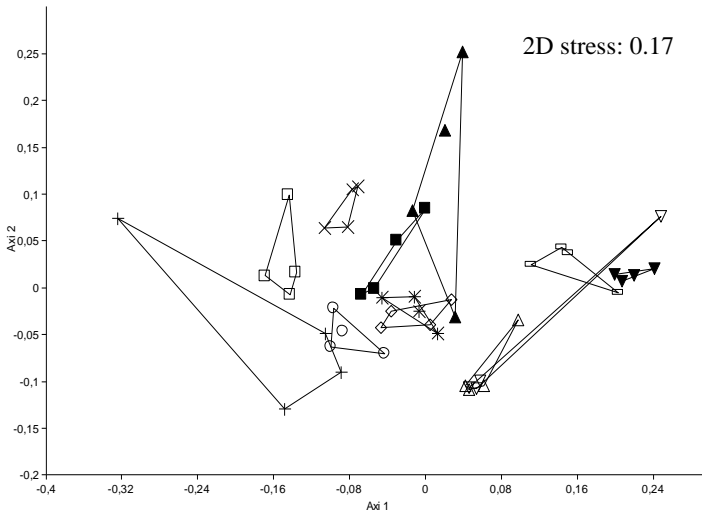
Species	Relative frequency %				Density mean (ind.m³) ± SE			
	P1	P2	P3	P4	Min–Max			
					P1	P2	P3	P4
Rotifera								
<i>Asplanchna</i> sp	9	12	70	9	175±116 0-1156	258±221 0-2673	1406±1314 0-15840	173±108 0-1124
<i>Brachionus angularis</i>	37	17	12	34	6503±4070 0-47040	2963±1327 0-14400	2188±1583 0-18800	6132±4281 0-50440
<i>Brachionus calyciflorus</i>	100	0	0	0	353±353 0-4240	0 0	0 0	0 0
<i>Collotheca</i> sp	6	32	29	33	3278±1677 0-16200	16883±10114 0-91800	14835±8910 0-80840	16983±10584 0-95400
<i>Filinia longiseta</i>	9	17	32	42	5538±2603 0-29400	11382±3761 0-36720	20947±10190 0-120780	27294±22861 0-278100
<i>Hexarthra intermedia</i>	0	16	17	67	0 0	187±187 0-2240	197 ±197 0-2360	787±787 0-9440
<i>Polyarthra vulgaris</i>	13	30	36	21	2874±1075 0-12000	6510±1934 0-20800	7859±3684 0-44840	4742± 1431 0-12720



Species	Relative frequency				Density mean (ind.m <sup>3</sup> ) $\pm$ SE			
	%				Min-Max			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
<i>Ptygura libera</i>	45	18	19	18	120880 $\pm$ 6115 7 2400-715400	48105 $\pm$ 2439 7 0-232320	51519 $\pm$ 2512 1 0-264100	48575 $\pm$ 2802 6 137-343380
<i>Trichocerca dixon nuttali</i>	0	98	0	2	0 0	798 (417) 0-3600	0 0	19 $\pm$ 19 0-225
<i>Trichocerca capucina</i>	46	14	26	14	1700 $\pm$ 668 0-6360	513 $\pm$ 268 0-2120	955 $\pm$ 436 0-3760	497 $\pm$ 259 0-2040
<i>Trichocerca similis</i>	0	0	0	10 0	0 0	0 0	0 0	28 $\pm$ 28 0-337
bdelloids	17	66	1	16	173 $\pm$ 168 0-2020	655 $\pm$ 665 0-8000	9 $\pm$ 9 0-112	162 $\pm$ 162 0-1940

## Spatial-Temporal trends in zooplankton distribution

The PERMANOVA revealed that the zooplankton community in Peri lagoon are not significantly different between the sampled regions ( $R^2 = 0.013$ ;  $p = 0.721$ ). However, a highly significant value was obtained when considering the temporal analysis ( $R^2 = 0.702$   $p = 0.001$ ). This is clearly visible in the nMDS plots, which demonstrates the data separated by months (Figure 3) considering all the zooplankton taxa and all the months. Sampling points in relation to time were also significant ( $R^2 = 0.135$ ,  $p < 0.001$ ). This result shows that the community is similar in the four analyzed regions of the lagoon, varying only when the factor of time is considered and when sampled regions are in function of the time.



**Figure 4:** Two-dimensional non-metric multidimensional scaling (nMDS) ordination of zooplankton samples collected at the four sites in Peri lagoon from April 2011 to March 2012. The plots, as specified in the figure, relate to all analyzed months. ▲ = January; ▽ = February; ▼ = March; + = April; □ = May; ■ = June; × = July; ○ = August; ◇ = September; \* = October; △ = November; ◻ = December.

## Indicators Species

The test for indicator species indicated 7 taxa, nauplii and copepodites (Table 3). These species were selected as characteristics of specific months, assuming that was the optimal of species.

**Table 3:** List of indicator species with corresponding month, indval analysis values and p values.

	month	indval	p
<i>Bosmina. hagmanni</i>	May	0.3861	0.008
<i>Collotheca</i> sp	November	0.4557	0.003
bdelloids	December	0.7268	0.002
<i>Bosmina frey</i>	December	0.2915	0.013
<i>Asplanchna</i> sp	January	0.8615	0.001
<i>Filinia longiseta</i>	January	0.5611	0.005
<i>Brachionus angularis</i>	February	0.3761	0.034
nauplii	March	0.6399	0.001
copepodites	March	0.3616	0.032

## Relationship of indicator species to zooplankton and environmental variables

Water temperature was the most important factor in the density of species. Increased values of densities were related to higher temperatures. Figure 5 shown a scheme with the main results of the regression tree.

### Cladocera: *Bosmina hagmanni* and *Bosmina frey*

Water temperature was the most important factor in the variation of *B. hagmanni* (Figure 5 A). With  $WT \geq 23.2$  °C a low density was found. With  $WT < 23.2$  °C the most important factor was rainfall. A high density occurred when the rainfall was  $< 8.35$  mm and  $WT < 23.2$  °C.

For the species *B. frey* (Figure 5 B) the most important factor was the wind. The high density was related to wind intensity  $> 4.95$  m/s. With wind  $< 4.95$  m/s the key factor becomes rainfall, little precipitation

is equal to low density. With Rainfall  $\geq 51.55$  mm and low wind intensity there was a low density.

### **Copepoda: copepodites and nauplii**

The key factor was WT for nauplii (Figure 5 D). High values of density were related to  $WT > 27.4$  °C. For copepodites (Figure 5 C) the greatest density was related with rainfall  $\leq 5.5$ mm. With rainfall  $\geq 5.5$  the key factor became alkalinity.  $Alk \leq 0.12$ , which caused low density.

### **Rotifera: *Brachionus angularis*, *Collotheca* sp, *Filinia. longiseta*, *Bdelloidea* and *Asplanchna* sp**

The Secchi depth was the only determining factor for the taxa bdelloids (Figure 5 G). High density was related to Secchi  $> 0.8$  m. For *Asplanchna* sp (Figure 5 E) water temperature was the key factor. High density was related to  $WT > 28.35$  °C.

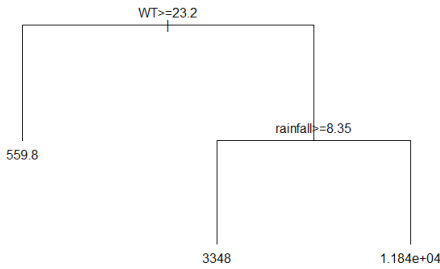
Water temperature was the most important factor in the variation of *B. angularis* (Figure 5 F). High density related to  $WT > 24.14$  °C and when it was  $< 23.20$  °C species were absent.

Water temperature was also a key factor for the species *Collotheca* sp (Figure 5 H). High density was related with  $WT > 28$  °C. With  $WT < 28$  °C the rainfall becomes the key factor. High density was associated with rainfall  $> 48.8$  mm.

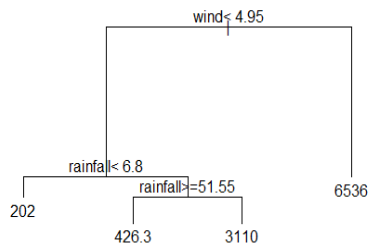
Electrical conductivity was the key factor in the variation of *F. longiseta* (Figure 5 I). High density was related to high water conductivity values found  $< 73.1$   $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ . Low density was related to conductivity  $< 63.55$   $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ .

Cladocera

A: *B. hagmanni*

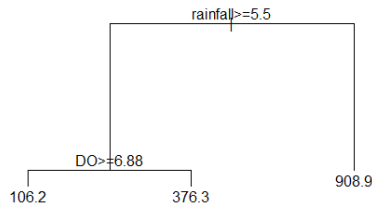


B: *B. frey*

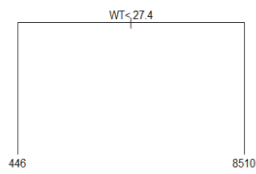


Copepoda

C: copepodites

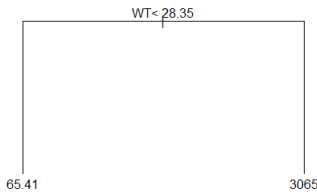


D: nauplii

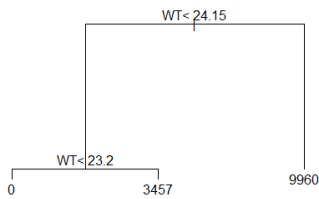


Rotifera

E: *Asplanchna* sp



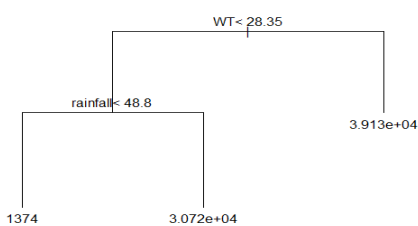
F: *B. angularis*



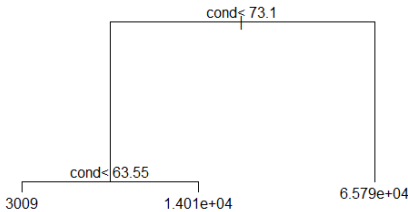
G: bdelloids



H: *Collotheca* sp



# I: *F. longiseta*



**Figure 5:** Regression tree represented by each selected indicator species (A) *B. haggmani* (B) *B. frey* (C) copepodites (D) nauplii (E) *Asplanchna* sp (F) *B. angularis* (G) Bdelloidea (H) *Collotheca* sp (I) *F. longiseta*. Peri lagoon from April 2011 to March 2012.

## Discussion

The zooplankton community of Peri lagoon is composed of a high density of rotifers and few small-bodied cladocerans and cyclopoid copepodites. Temporal variability and spatial homogeneity were found in the structure of the zooplankton community of the lagoon. The main factors that regulated the community was water temperature and possibly the presence and dominance of *C. raciborskii*.

The dominance of rotifers in environments dominated by cyanobacteria was also found by other authors (Matsumura-Tundisi & Tundisi, 2005, Sendacz et al., 2006), however in environments with eutrophic characteristics, which is different from Peri lagoon. In oligotrophic conditions the dominance of large species is expected (DeMott, 1995). Blancher (1984) found a change in the composition of zooplankton with different trophic states: the oligotrophic lakes were dominated by Copepoda, and eutrophic lakes were dominated by Rotifera. An important consideration when there is a predominance of smaller species in lakes is the possible relation to suspended material in the water column due to the constant influence of the wind.

Rotifers dominated at every sampled point and every month throughout the study period. Environments with the dominance of cyanobacteria have unfavorable conditions for most zooplankton species (Arcifa et al., 1994). A great number presence of rotifers is characteristic of eutrophic waters (Guseska, 2012), however the Peri lagoon is characterized as meso-eutrophic for chlorophyll *a* (Hennemann &

Petrucio, 2010). Therefore the dominance of filamentous cyanobacteria like *C. raciborskii* in this case possibly have contributed to the structuring of the zooplankton community.

The absence of large species of zooplankton (eg, large cladocerans and calanoid copepods) may indicate that the population is not yet well established, which is a possible consequence of low quality food and possible predation rates. According to Rocha (2002) calanoid copepods are selective filter feeders that are inhibited by the presence of cyanobacteria, a group that is absent from Peri lagoon. Immature stages of copepods were recorded, probably related to *T. minutus*, this species is known for its dominance in oligotrophic environments (Landa et al., 2007) and raptorial feeding habit. The high density of immature stages of copepods is possible under adverse conditions, one strategy for these populations is the production of many descendants, since only one small part of these reach adulthood. A factor which can determine the proportion of young to adult forms is predation intensity and the balance between predation by invertebrates and vertebrates (Dumont et al., 1994). According to Almeida et al. (2009), absence of adult copepods and the predominance of immature stages of copepods (nauplii and copepodites) in Barra Bonita reservoir and reservoirs in Pernambuco were noted as indicative of eutrophication.

Cyanobacteria prevent the suppression of Rotifera by large Cladocera and lead towards the dominance of Rotifera (Gilbert, 1990). The same was found in this study. Dominance of Cyanobacteria possibly influenced the taxonomic composition results by interfering with the filter feeding in larger zooplankton species, which favored the dominance of smaller species. Sinistro et al. (2007) that large filamentous cyanobacteria decreased as large herbivorous species increased. Presence and dominance of *C. raciborskii* in the lagoon may be causing a period of disorder favoring r-strategists species such as rotifers. This feature adds to the low quality of the food and may be contributing to the success and permanence of the group of species.

The temporal variability found in zooplankton density possibly reflects changes in the composition of phytoplankton and the variation on the water temperature. According to Thomaz et al. (2007) temporal variability in aquatic ecosystems affects the stability of ecological patterns. In the summer months, with higher water temperature values an increase in the concentration of chlorophyll *a* was recorded. This increase probably is related to a bloom of cyanobacteria in the lagoon, which is a possible explanation for the changes that occurred simultaneously in the zooplankton community.

The changes in community composition can lead to indirect effects, affecting the trophic level of the lagoon. The changes to community composition included, the appearance of new rotifer species *B. angularis*, *B. calyciflorus* and *Asplanchna* sp, a great decrease in the density of cladocerans, disappearance of *B. frey* in March and appearance of cyclopoid adults in February and of the species *T. minutus* in March. We believe that the increase in rotifers and a loss of Copepoda and Cladocera taxa is indicative of declining water quality. Even if some of these taxa are still relatively low in abundance, their occurrence calls attention and monitoring of its dynamics must be applied to detect possible eutrophication events.

Rotifers are more responsive to water quality changes because of their relatively generation times, changes in specific composition of the rotifer communities can be detected in short time studies, which make them potentially useful indicators of water quality and trophic conditions (Tasevska et al., 2010). Rotifers are opportunistic organisms (fast population growth during favorable seasons) whose densities change with temperature in a short time (Matsumura-Tundisi et al., 1990). Thus, the high relative density of the rotifer community with a prevalence of such species as *Asplanchna* sp, *F. longiseta*, *B. angularis*, and *B. calyciflorus*, which appeared in the summer, is in agreement with other studies that suggest rotifers as indicators of eutrophication (Sladeczek, 1983; Tasevska et al., 2010). The modification in the values of chlorophyll *a* and composition of zooplankton may confirm that the water of Peri lagoon is passing through a negative process that can cause an increased trophic state, causing great impact on water quality and altering the biological community.

Predatory actions are another factor that can determine the structure of the zooplankton community (Nogueira, 2001). Lisboa et al. (2011) reported the presence of *Chaoborus* with different densities in almost the entire extension of Peri lagoon. These larvae are predators of some zooplankton species and cause significant changes in the zooplankton community structure (Young & Riessen, 2005). However this factor was not considered in this study, but it should be taken into account in future studies with zooplankton in this specific lagoon.

If *C. raciborskii* is really contributing for driving zooplankton density and composition, certain species were favored not only by their size but also by their mode of feeding and ecological adaptations. The composition of the zooplankton community in Peri lagoon is composed of species that have the ability to withstand colder water temperature and tolerance to *C. raciborskii* filaments.



Abiotic factors are also known to affect zooplankton community structure via direct effects on species composition, by selecting species with differential and physiologically based tolerances (Yildiz et al., 2007). Water temperature is a major force in regulating aquatic ecosystems, through impacts on the rates of biological processes, including biochemical and physiological processes influencing the community level and specific population (Mitchell & Lampert 2000). The temperature of the water measured during the period of this study ranged between 14.3° C in the winter and 29.0°C in the summer, following the climatic changes of the region. Even though it is known that not only temperature, but a complex of environmental factors, controls zooplankton density, water temperature has an important role in the reproductive rhythm of zooplanktonic populations.

The species selected as indicators were explained primarily by water temperature and rainfall. High water temperatures influenced higher densities of nauplii, *B. angularis*, and *Asplanchna* sp and *Collotheca* sp. Considering that the same months had the highest rainfall and an increase in the concentration of chlorophyll *a*, the density of these species may be indicating changes within the lagoon.

Wind and rainfall were determinant variables for the species *B. frey* indicating the summer month of December. During December 2011 the species achieved the highest values of density during the study period. The taxa Bdelloidea appears in two months of the study but only in December is its density relevant and the factor that best explained was Secchi depth.

Rotifers are very sensitive, showing an exponential increase with an increase in temperature, compared to an almost linear growth presented by copepods and cladocerans (Allan, 1976). The latter was demonstrated in this study since the density of rotifers in the summer months was extremely high, reaching values more than double that of the previous season.

High densities of zooplankton during period of highest rainfall are generally attributed to higher temperatures during this period (which would reduce the generation time of the species) as well as increase food availability (algae and suspended solids) (Sampaio et al., 2002). A fact that was also proven in this study, density of rotifers increased significantly during months of highest rainfall.

Considering previous studies, the lagoon was classified as limited by nutrients and meso-eutrophic to chlorophyll *a*, according to literature an zooplankton community dominated by larger species was expected. However, the community throughout the study showed a

dominance and high-density of rotifer species and presence eutrophication species indicators, such as *B. calyciflorus*, *B. angularis* and *Asplanchna* sp.

## References

- Almeida, V. L. S., Ê. W. Dantas, M. D Melo-Júnior, M. C. Bittencourt-Oliveira & A. N Moura, 2009. Zooplanktonic community of six reservoirs in northeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 69: (1) 57-65.
- Arcifa, M. S.; M. S. M. Castilho & J. P. Carmouze, 1994. Composition et évolution du zooplankton dans une laguna trpocale (Brésil) au cours d'une période marquée par une mortalité de poissons. *Revue d'Hydrobiologie tropical* 27(3): 251-263.
- Blancher, E. C., 1984. Zooplankton-trophic state relationships in some north and central Florida lakes. *Hydrobiologia* 109: 251-263.
- Cecca. 1997. Unidades de Conservação e Áreas Protegidas da Ilha de Santa Catarina: caracterização e Legislação. Florianópolis, Insular.
- Coelho-Botelho, M. J., 2004. Dinâmica da comunidade zooplanctônica e sua relação com o grau de trofia em reservatório. *Bol. CETESB*.
- Cole, G. A., 1983. Textbook of Limnology. The C.V. Mosby Company, St. Louis. 401, 91.
- De'ath, G., 2002. Multivariate regression trees: a new technique for modeling species-environment relationships. *Ecology* 83: 1105-1117.
- DeMott W. R., 1995. Optimal foraging by a suspension- feeding copepod: responses to short-term and seasonal variation in food resources. *Oecologia*, 103, 230-240.
- Dufrene, M. & P. Legendre, 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67:345-366.
- Dumont, H. J., 1994. On the diversity of the Cladocera in the tropics. *Hydrobiologia* 272: 27-38.
- Ferrão-Filho, A. S.; B. Kozlowsky-Suzuki & S. M. F. O. Azevedo, 2002. Accumulation of microcystins by a tropical zooplankton community. *Aquatic Toxicology*, 59 (3-4): 201-208.

Fulton, R. S., 1988. Resistance to blue-green algal toxins by *Bosmina longirostris*. Journal Plankton. Res. 10: 771-778.

Fulton, R. S. & H. W. Paerl, 1987. Toxic and inhibitory effects of the blue-green alga *Microcystis aeruginosa* on herbivorous zooplankton. Journal of Plankton Research, 9: 837- 855.

Ghadouani, A., B. Pinel-Alloul & E. E. Prepas, 2003. Effects of experimentally induced cyanobacterial blooms on crustacean zooplankton communities. Freshwater Biology., 48: 363–381.

Greellmann, C., 2006. Aspectos da morfologia e da ecologia de *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszinska) Seenayya et Subba-Raju e da produção de cianotoxinas na lagoa do Peri, Florianópolis, SC, Brasil. Dissertação. Universidade de Santa Catarina

Gilbert, J. J., 1990. Differential effect of *Anabaena affins* on cladocerans and rotifers: Mechanisms and implications. Ecology 71(5): 1727-1740.

Grenouillet, G., S. Brosse, L. Tudesque, S. Lek, Y. & Baraille, G. Loot, 2008. Concordance among stream assemblages and spatial autocorrelation along a fragmented gradient. Diversity and Distributions 14, 592–603.

Guseska, D., O. Tasevska & G. Kostoski, 2012. Zooplankton dynamic of Lake Prespa (Macedonia). Biologia, 67(5): 939 – 944..

Hammer, Ø., D. A. T. Harper & P. D. Ryan, 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9.

Hennemann, M. C. & M. M. Petrucio, 2010. Spatial and temporal dynamic of trophic relevant parameters in a subtropical coastal lagoon in Brazil. Environmental Monitoring and Assessment, 181 (1-4): 347-361.

Kozlowsky-Suzuki, B. & R. L. Bozelli, 2002. Experimental evidence of the effect of nutrient enrichment on the zooplankton in a Brazilian coastal lagoon. Brazilian Journal Biology. 62, n4b.

Laudares - Silva, R., 1999. Aspectos limnológicos, variabilidade especial e temporal na estrutura da comunidade fitoplanctônica da Lagoa do Peri, Santa Catarina, Brasil. 216f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de São Carlos.

Landa, G. G., F. A. R. Barbosa, A. C. Rietzler, & P. M., Maia-Barbosa, 2007. *Thermocyclops decipiens* (Kiefer, 1929) (Copepoda, Cyclopoida) as indicator of water quality in the State of Minas Gerais. Brazil. Brazilian Archives of Biology and Technology, 50: 695-705.

Lisboa, L. K., A. L. Lemes-Silva & Petrucio, M. M., 2011. Aquatic invertebrate's distribution in a freshwater coastal lagoon of southern Brazil in relation to water and sediment characteristics. Acta Limnologica Brasiliensia, 23(2): 119-127.

Lorenzen, C. J., 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments: Spectrophotometric equations. Limnology Oceanography, 12: 343-346

Mackereth, F. J. H., J. E. Heron & J. F. Talling, 1978. Water Analysis: some revised methods for limnologists. Freshwater Biological Association, Scientific Publication 36.

Maia-Barbosa, P. M.; E. M. Eskinazi-Sant'anna, C. F. Valadares, G. C. D. Pessoa, 2003. The resting eggs of zooplankton from a tropical, eutrophic reservoir (Pampulha Reservoir, south-east Brazil). Lake and Reservoir Management, 8: 269-275.

Matsumura-Tundisi, T.; S. N. Leitão, L. S. Agüena, J. Miyahara, 1990. Eutrofização da Represa de Barra Bonita: estrutura e organização da comunidade de rotífera. Revista Brasileira de Biologia, 50 (4): 923-935.

Matsumura-Tundisi, T. & J. G. Tundisi, 2005. Plankton richness in a eutrophic reservoir (Barra Bonita Reservoir, SP, Brazil). Hydrobiologia, 542:367-378.

Mitchell, S. E. & W. Lampert, 2000. Temperature adaptation in a geographically widespread zooplankton, *Daphnia magna*. Journal of Evolutionary Biology, 13: 371- 382.

Nogueira, M. G., 2001. Zooplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in

Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia*, 455: 1–18.

Nogueira, I. C. G., A. Lobo-da-Cunha & V. M. Vasconcelos, 2006. Effects of *Cylindrospermopsis raciborskii* and *Aphanizomenon ovalisporum* (Cyanobacteria) ingestion on *Daphnia magna* midgut and associated diverticula epithelium. *Aquatic Toxicology*, 80: 194–203.

Oliveira, J. S., 2002. Análise sedimentar em zonas costeiras : subsídio ao diagnóstico ambiental da Lagoa do Peri - Ilha de Santa Catarina-SC, Brasil. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Oksanen, J. F. G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, R. G. O'hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M. Henry, H. Stevens & H. Wagner, 2010. *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.15.

Orcutt, J. D. Jr. & M. L. Pace, 1984. Seasonal dynamics of rotifer and crustacean zooplankton populations in a eutrophic monomictic lake with a note on rotifer sampling techniques. *Hydrobiologia*, 119: 73–80.

Pont, D., 1995. Le zooplancton herbivore dans les chaînes alimentaires pélagiques. In Pourriot, R. & M. Meybeck (eds), *Limnologie Générale*. Masson. Collection d'Ecologie, Paris: 515–540.

R development core team (2010). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Rocha, O., M. T. Tundisi, J. & G. J. Tundisi, 2002. Hotspots of zooplankton diversity on São Paulo State. *Vehr. Int. Verein. Limnol.*, Stuttgart, Germany, 28 (5): 12-16.

Sampaio, E. V., O. Rocha, T. Matsumura-Tundisi, & J. G. Tundisi, 2002. Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema river, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 62 (3): 525- 545.

Santos, M. A. P. F., M. G. G. Melão & A. T. Lombardi, 2006. Life history characteristics and production of *Ceriodaphnia silvestrii* Daday

(Crustacea, Cladocera) under different experimental condition. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 18 (2): 199-212.

Sendacz, S., S. Caleffi & J. Santos-Soares, 2006. Zooplankton biomass of reservoirs in different trophic conditions in the state of São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal Biology*, 66(1B):337-350.

Sladeczek V., 1983. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, 100: 169–201.

Sinistro, R., M. L. Sanchez, M. C. Marinone & I. Izaguirre, 2007. Experimental study of the zooplankton impact on the trophic structure of phytoplankton and the microbial assemblages in a temperate wetland (Argentina). *Limnologica*, 37: 88-99.

Sipaúba-Tavares, L. H. & M. A. Bachion, 2002. Population growth and development of two species of Cladocera, *Moina micrura* and *Diaphanosoma birgei*, in laboratory. *Brazilian Journal of Biology*, 62 (4A): 701-711.

Tasevska O., G. Kostoski & D. Guseska, 2010. Rotifers Based Assessment of the Lake Dojran Water Quality. Balwois, Ohrid.

Thomaz, S.M., L. M. Bini, & R. L. Bozelli, 2007. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia*, 579:1-13.

Tillmans, A. R., A. E. Wilson, F. R. Pick & O. Sarnelle, 2008. Meta-analysis of cyanobacterial effect on zooplankton population growth rate: species-specific responses. *Fundamental and Applied Limnology Archiv für Hydrobiologie*, 171 (4): 285-295.

Von Elert, E. & T. Wolffrom, 2001. Supplementation of cyanobacterial food with polynsaturated fatty acids does not improve growth of *Daphnia*. *Limnology and Oceanography*, 46: 1552-1558.

Wilson, A. E., O. Sarnelle & A. R. Tillmanns, 2006. Effects of cyanobacterial toxicity and morphology on the population growth of freshwater zooplankton: Meta-analyses of laboratory experiments. *Limnology and Oceanography*, 51 (4): 1915-1924.

Yildiz S., A. Altindag & M. B. Ergonul, 2007. Seasonal fluctuations in the zooplankton composition of a eutrophic lake: Lake Marmara (Manisa, Turkey). Turkish Journal of Zoology, 31: 121–26.

Young, J. D. & H. P. Riessen, 2005. The interaction of *Chaoborus* size and vertical distribution determines predation effects on *Daphnia*. Freshwater Biology, 50: 993–1006



#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A comunidade zooplancônica da lagoa Peri foi composta por uma alta densidade de rotíferos, pequenos cladóceros e copépodos ciclopóides (basicamente estágios juvenis). Apresentou homogeneidade espacial, ou seja, foi igual em todos os pontos amostrados, porém com variabilidade temporal.

- Neste estudo evidenciamos a influência da temperatura da água e uma possível interferência da presença e dominância da cianobactéria filamentosa *C. raciborskii* na estruturação e composição da comunidade zooplancônica da lagoa do Peri. Considerando que a lagoa foi classificada em estudos anteriores como limitada por nutrientes e meso-eutrófica para clorofila *a*, segundo a literatura, era esperada uma comunidade dominada por espécies zooplancônicas de maior porte. No entanto a comunidade durante todo o estudo mostrou dominância e alta densidade de espécies de rotíferos, característica de ambiente eutrofizado. Para corroborar com isso foi encontrada presença de espécies indicadoras de eutrofização como *Brachionus calyciflorus*, *Brachionus angularis* e *Asplanchna* sp.

- De acordo com o aumento significativo da concentração de clorofila *a* no verão e da alteração da composição e densidade do zooplâncton podemos inferir que a água da lagoa do Peri pode estar passando um processo negativo que pode causar um aumento do estado trófico, e possivelmente um impacto na qualidade da água e alterar a estrutura da comunidade de organismos aquáticos como um todo.

- Considerando que a lagoa é utilizada como fonte de abastecimento de água para um percentual significativo do município de Florianópolis, ações de monitoramento devem ser frequentes. Devido as características da lagoa, dominada por cianobactérias filamentosas e com a constatação do aumento da concentração de clorofila *a* e da falta de predadores para elas é esperado que ocorram florações de cianobactérias. Assim, consequentemente pode-se esperar uma modificação do estado trófico da lagoa.



## 5. REFERÊNCIAS

- Agostinho, A. A.; S. M. Thomaz & L. C. Gomes 2005. Conservação da biodiversidade em água continentais do Brasil. *Megadiversidade*, 1 (1): 70-78.
- Allan, J. D., 1976. Life history patterns in zooplankton. *American Naturalist*. 110: 166-180.
- Anderson, N. J., K. P. Brodersen, D. B. Ryves, S. McGowan, L. S. Johansson, E. Jeppesen, M. J. Leng, 2008. Climate Versus In-Lake Processes as Controls on the Development of Community Structure in a Low-Arctic Lake (South-West Greenland). *Ecosystems*, 11 (2): 307-324.
- Bozelli, R. L. & V. L. M. Huszar, 2003. Comunidades Fito e Zooplanctônicas Continentais em Tempo de Avaliação. *LIMNOtemas*. Sociedade Brasileira de Limnologia, 3: 1-32.
- Bottrell, H. H., A. Duncan, Z. M. Gliwicz, E. Grygierek, A. Herzig, A. Hillbricht-Ilkowska, H. Kurasawa, P. Larsson & T. Weglenska, 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. *Norwegian Journal of Zoology*, 24: 419-456.
- Brooks J. L. & S. I. Dodson, 1965. Predation, Body Size, and Composition of plankton. 150(3692): 28-35.
- Bouvy, M., D. Falcão, M. Marinho, M. Pagano & A. Moura, 2000. Occurrence of *Cylindropermopsis* (Cyanobacteria) in 39 Brazilian tropical reservoirs during the 1998 drought. *Aquatic Microbial Ecology*, 23: 13-27.
- Carpenter, S. R., J. E. Kitchell & J. R. Hodgson, 1985. Cascading trophic interactions and lake productivity. *BioScience*, 35: 634-639.
- Cecca. 1997. Unidades de Conservação e Áreas Protegidas da Ilha de Santa Catarina: caracterização e Legislação. Florianópolis, Insular.
- Coelho-Botelho, M. J., 2004. Dinâmica da comunidade zooplanctônica e sua relação com o grau de trofia em reservatório. *Bol. CETESB*.

Cole, G. A., 1983. Textbook of Limnology. The C.V. Mosby Company, St. Louis. 401, 91.

Coral, L. A., 2009. Remoção de cianobactérias e cianotoxinas em águas de abastecimento pela associação de flotação por ar dissolvido e nanofiltração. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

De'ath, G., 2002. Multivariate regression trees: a new technique for modeling species–environment relationships. *Ecology*, 83: 1105–1117.

DeMott, W. R., R. D. Gulati & E. Van Donk, 2001. *Daphnia* food limitation in three hypereutrophic Dutch lakes: Evidence for exclusion of large-bodied species by interfering filaments of cyanobacteria. *Limnology and Oceanography*, 46: 2054–2060.

Dufrene, M. & P. Legendre, 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67:345–366.

Edmondson, W. T., 1959. Freshwater Biology. 2 ed. New York John Wiley & Sons Inc., 1248.

Elmoor-Loureiro, L. M., 1997. Manual de identificação de Cladóceros límnicos do Brasil. Brasília: Editora Universa, 156.

Esteves, F. A., 1998. Fundamentos de Limnologia. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência/FINEP, 574.

Ferrão-filho, A. S., B. Kozlowsky-Suzuki, S. M. F. O. Azevedo, 2002. Accumulation of microcystins by a tropical zooplankton community. *Aquatic Toxicology*, 59 (3-4): 201-208.

Fulton, R. S., 1988. Resistance to blue-green algal toxins by *Bosmina longirostris*. *Journal of Plankton Research*, 10: 77 1-778.

Fulton, R. S. & H. W. Paerl, 1987. Toxic and inhibitory effects of the blue-green alga *Microcystis aeruginosa* on herbivorous zooplankton. *Journal of Plankton Research*, 9: 837- 855.

- Gillooly, J. F., 2000. Effect of body size and temperature on generation time in zooplankton. *Journal of Plankton Research*, 22: 241–251.
- Gliwicz, Z. M., 2002. On the different nature of top-down and bottom-up effects in pelagic food webs. *Freshwater Biology*, 47: 2296-2312.
- Gliwicz, Z. M. & W. Lampert, 1990. Food thresholds in *Daphnia* species in the absence and presence of blue-green filaments. *Ecology*, 71(2): 691-702.
- Gagnani, A., M Scheffer & S. Rinaldi, 1999. Top-down control of cyanobacteria: a theoretical analysis. *American Naturalist*, 153:59-72.
- Grellmann, C., 2006. Aspectos da morfologia e ecologia de *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszinska) Seenayya et Subba Raju e produção de cianotoxinas na Lagoa do Peri, Florianópolis, SC, Brasil. Dissertação (Mestrado Botânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper & P. D. Ryan, 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1): 9.
- Hansson L., S. Hylander & R. Sommaruga, 2007. Escape in UV threats in zooplankton: A cocktail of behavior and protective pigmentation. *Ecology*, 88(8): 1932-1939.
- Hennemann, M. C. & M. M. Petrucio, 2010. Spatial and temporal dynamic of trophic relevant parameters in a subtropical coastal lagoon in Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 181 (1-4): 347-361.
- Koste, W., 1978. Rotatoria die radertiere mitteleuropas, Übeordnung Monogononta. Berlin: Gebriider Bernträger, 1010.
- Koste, W. & R. J. Shiel, 1986. Rotifera from Australian Inland waters. I. Bdelloidea (Rotifera: Digononta). *Australian Journal of Marine & Freshwater Research*, 37: 765-792.
- Lampert, W., 1987. Laboratory studies on zooplankton- cyanobacteria interactions. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 21: 483–490.

Laudares-Silva, R., 1999. Aspectos limnológicos, variabilidade espacial e temporal na estrutura da comunidade fitoplânctônica da Lagoa do Peri, Santa Catarina, Brasil. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. (Ph.D. Thesis).

Lorenzen, C. J., 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments: Spectrophotometric equations. *Limnology and Oceanography*, 12:343-346.

Maia-Barbosa, P. M., E. M. Eskinazi-Sant'anna, C. F. Valadares & G. C. D. Pessoa, 2003. The resting eggs of zooplankton from a tropical, eutrophic reservoir (Pampulha Reservoir, south-east Brazil). *Lake and Reservoir Management*, 8: 269-275.

Mackereth, F. J. H., J. E. Heron & J. F. Talling, 1978. *Water Analysis: some revised methods for limnologists*. Freshwater Biological Association, Scientific Publication 36.

Matsumura-Tundisi, T. & J. G. Tundisi, 2005. Plankton richness in a eutrophic reservoir (Barra Bonita Reservoir, SP, Brazil). *Hydrobiol., Aquatic Biodiversity II*, 542: 367- 378.

Mondardo, R. I., 2004. Influência da pré-oxidação na tratabilidade das águas via filtração direta descendente em manancial com elevadas concentrações de microalgas e cianobactérias. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Neto, R. R., L. A. S. Madureira, 2000. Caracterização de bioindicadores nos sedimentos da Lagoa do Peri, Ilha de Santa Catarina, SC. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 12: 113-125.

Oliveira, J. S., 2002. Análise sedimentar em zonas costeiras : subsídio ao diagnóstico ambiental da Lagoa do Peri - Ilha de Santa Catarina-SC, Brasil. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Oksanen, J. F. G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, R. G. O'hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M. Henry, H. Stevens & H. Wagner, 2010. *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.15.

Padisák, J. 1997. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju, an expanding, highly adaptative cyanobacterium: worldwide distribution and review of its ecology. Arch. Hydrobiol., 107(Suppl.): 563-593.

Pinto-Coelho, R. M., J. F. Bezerra-Neto, F. Miranda, T. G. Mota, R. Resck, A. M. Santos, P. M. Maia-Barbosa, N. A. S. T. Mello, M. M. Marques, M. O. Campos & F. A. R. Barbosa, 2008. The inverted trophic cascade in tropical plankton communities: impacts of exotic fish in the Middle Rio Doce lake district, Minas Gerais, Brazil. Brazilian Journal of Biology, 68:1025-1037.

R development core team (2010). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Reid, J. W., 1985. Chave de identificação para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da Ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). Boletim de Zoologia, 9: 17-143.

Richardson, A. J., 2008. In hot water: zooplankton and climate change. ICES Journal of Marine Science, 65:279–95.

Santos, M. A. P. F.; Melão, M. G. G.; Lombardi, A. T. 2006. Life history characteristics and production of *Ceriodaphnia silvestrii* Daday (Crustacea, Cladocera) under different experimental condition. Acta Limnologica Brasiliensia, 18 (2): 199-212,

Silva, A. A. S. Parque Municipal da Lagoa do Peri: subsídios para o gerenciamento ambiental. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, 2000, 120.

Sipaúba-Tavares, L. H. & M. A. Bachion, 2002. Population growth and development of two species of Cladocera, *Moina micrura* and *Diaphanosoma birgei*, in laboratory. Brazilian Journal of Biology, 62 (4A): 701-711.

Stemberg R. S. & J. J. Gilbert, 1987. Defenses of plank- tonic rotifers against predators. In: Predation: Direct and Indirect Impacts on Aquatic

Communities (Eds W.C. Kerfoot & A. Sih). University Press of New England, Hanover and London. 227–239.

Von Elert, E. & T. Wolffrom, 2001. Supplementation of cyanobacterial food with polynsaturated fatty acids does not improve growth of *Daphnia*. *Limnology and Oceanography*, 46: 1552-1558.

Wen, X.-L., Y.-L. Xi, F.-P. Qian, G. Zhang, & X.-L. Xiang, 2011. Comparative analysis of rotifer community structure in five subtropical shallow lakes in East China: role of physical and chemical conditions. *Hydrobiologia*, 661: 303–316.

Wetzel, R. G., 1993. *Limnologia*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1110.